

Zeitschrift: Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Schulgesundheitspflege
= Annales de la Société Suisse d'Hygiène Scolaire

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Schulgesundheitspflege

Band: 20/1919 (1919)

Artikel: Zur Frage der künstlichen Beleuchtung von Schulräumen, mit spezieller Berücksichtigung des indirekten Lichtes : aus dem Hygiene-Institut der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich

Autor: Roth, Otto

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-91309>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

VI.

Aus dem Hygiene-Institut der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

Zur Frage der künstlichen Beleuchtung von Schulräumen

mit spezieller Berücksichtigung des indirekten Lichtes.

Von Prof. Dr. OTTO ROTH.

Seitdem ich vor zirka 15 Jahren in diesem Jahrbuch meine ersten Untersuchungen über die indirekte Beleuchtung der Schulräume veröffentlichte¹⁾ hat die Beleuchtungstechnik erhebliche Fortschritte gemacht und zwar hauptsächlich auf elektrischem Gebiete. Während für die Gasbeleuchtung der schon damals sehr verbreitete Auerbrenner auch heute noch, wenigstens für Innenbeleuchtung, fast ausschließlich Anwendung findet, teilweise in Form des sogenannten Hängelichtes, sind die elektrischen Kohlenfadenlampen jener Zeit fast ganz verschwunden und werden nur noch für Spezialzwecke verwendet. An ihre Stelle sind die wirtschaftlich viel vorteilhafteren Metallfaden- resp. Metalldrahtlampen getreten, speziell auch die sogenannten Halbwattlampen.

Die Bogenlampe, die zur Zeit unserer früheren Untersuchungen für indirekte Beleuchtung in erster Linie in Betracht kam, kann heute für diesen Zweck nicht mehr empfohlen werden. Auch für die gewöhnliche direkte Beleuchtung der großen Räume ist sie mancherorts durch die Halbwattlampe verdrängt worden. Dies ist zum Beispiel für Turnhallen der Fall, teilweise auch für Fabriken. Ja, selbst für die Erhellung von Straßen und großen Plätzen macht ihr die hochkerzige Glühlampe von bis zu 4000 Kerzen den Rang streitig.

Bei der Wahl eines Lampentypus kommt natürlich ganz besonders ihre Wirtschaftlichkeit in Betracht, vor allem also

¹⁾ Roth O. Über die indirekte Beleuchtung der Schulräume. Nach einem Vortrag in der Schweizerischen Gesellschaft für Schulgesundheitspflege. Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Schulgesundheitspflege. V. Jahrg. 1904.

die Größe des zur Erzielung einer gewissen Helligkeit nötigen Stromverbrauches. Wir bezeichnen den pro Hefnerkerze nötigen Verbrauch an elektrischer Energie in Watt ausgedrückt als spezifischen Effektverbrauch, die Anzahl der erzeugten Hefnerkerzen pro Watt als Lichtausbeute.

Der Effektverbrauch beträgt bei den alten Kohlenfadenlampen 3—3,5 Watt, bei den heute nicht mehr in Gebrauch stehenden, unter Verwendung von gezogenem Metalldraht im Jahre 1905 zuerst hergestellten Tantallampen, 1,5 Watt, bei den seit 1911 existierenden Wolframdrahtlampen 1—1,3 Watt, bei sehr lichtstarken Nummern dieses Fabrikates nur 1 Watt, unter Umständen auch etwas weniger (Wattlampe).

Die zirka zwei Jahre später in den Handel gebrachte Halbwattlampe, ebenfalls eine Wolframdrahtlampe, bei der aber der Metalldraht nicht wie bei den gewöhnlichen Glühlampen im luftleeren Raume, sondern in einem indifferenten Gase (Stickstoff, Argon), mit dem die Birne gefüllt ist, zum Glühen gebracht wird, hat ihren Namen von dem spezifischen Verbrauch von nur $\frac{1}{2}$ Watt bei den hochkerzigen Nummern, der allerdings häufig ein etwas höherer ist.

Die erwähnten Wolframlampen sind auch unter dem Namen Osram- und Wotanlampen im Handel. Bei ersterer Bezeichnung bezieht sich die erste Silbe auf das Metall Osmium, aus dem die betreffende Fabrik ihre Glühfäden ursprünglich herstellte (frühere Osmiumlampe), die zweite auf das Wolfram, das bei der neuen Lampe angewendet wird. Die von einer andern Fabrik aus dem gleichen Material hergestellte Wotanlampe hat ihren Namen von dem Wolfram und der von der Firma früher erzeugten Tantallampe.

Die Bogenlampe zeigt zwar ebenfalls eine gute Lichtausbeute, ist aber in der Handhabung viel komplizierter und auch wirtschaftlich ungünstiger, weil ihre Wartung Zeit und ein geübtes Personal erfordert, was namentlich bei den heutigen hohen Arbeitslöhnen doppelt ins Gewicht fällt. Auch das oft stark störende unruhige Brennen dieser Lampen kann ihrer Verwendung hinderlich sein.

Wenn wir lange Zeit mit solchen in unserer Technischen Hochschule gute Erfahrungen machten, hat dies seinen Grund nicht zum wenigsten in der gewissenhaften und sorgfältigen Bedienung und in dem Umstand, daß wir Gleichstrom zur Ver-

fügung hatten, was heute nicht mehr der Fall ist. Wechselstrombogenlampen wären aus verschiedenen Gründen für unsere Zwecke nicht zu gebrauchen gewesen.

Heute werden wir uns also, wie schon eingangs erwähnt, für die elektrische Beleuchtung von Schulräumen nur der Glühlampen bedienen.

Von Bedeutung für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dieser letzteren ist auch ihre Lebensdauer (Brenndauer). Eine gute Wolframlampe büßt, wie Lux ¹⁾ angibt, nach 1000 Brennstunden nicht mehr als 5 % ihrer Lichtstärke ein. Nach 2000 Stunden beträgt die Abnahme noch keine 25 %. Die absolute Lebensdauer, d. h. die Zeit, welche vergeht, bis der Glühdraht in der Lampe defekt wird, ist noch länger.

Die Halbwattlampe soll eine Brenndauer von 800 bis 1000 Brennstunden haben. Ob dies heute immer zutrifft, möchten wir dahingestellt sein lassen.

Wenden wir uns nun der Frage zu, welche Helligkeit wir bei der künstlichen Beleuchtung für die Arbeitsplätze in Schulen Schulzimmern, Hörsälen, Zeichnungssälen) zu verlangen haben!

Bekanntlich drücken wir die an einem Platze vorhandene Helligkeit in Meterkerzen aus, d. h. mit der Zahl der Hefnerkerzen, welche in einer Distanz von einem Meter aufgestellt, dieselbe Helligkeit erzeugen würden. Cohn, der bekannte verstorbene Ophthalmologe in Breslau, hat seinerzeit durch geeignete Leseproben festgestellt, daß ein normales Auge eine gewisse Druckschrift auf einen Meter Entfernung bei einer durch künstliche Beleuchtung erzeugten Platzhelligkeit von 50 Meterkerzen ebenso schnell liest als wie bei gutem Tageslicht am Fenster. Diese Helligkeit bezeichnet er als die wünschbare. Es sei bemerkt, daß bei diesen Cohnschen Versuchen, nicht wie es heute allgemein geschieht, die Hefnerkerze als Einheit verwendet wurde, sondern die Wallratkerze.

Diesen 50 Meterkerzen würden 57 Meterkerzen, auf Hefnerlicht bezogen, sogenannte Lux entsprechen.

Reichenbach ²⁾ gibt daher rund 60 Lux als wünschenswertes Mittel an. Als Minimum wurden früher recht niedere Zahlen

¹⁾ Lux H. Das moderne Beleuchtungswesen. Aus Natur und Geisteswelt. Bd. 433.

²⁾ Reichenbach. Die Beziehungen der Beleuchtungstechnik zur Hygiene. Vortrag. Elektrotechnische Zeitschrift. 1919, S. 91.

gewählt. Ich pflichte, gestützt auf die langjährigen Erfahrungen an unserer technischen Hochschule, Reichenbach bei, wenn er, analog den früheren Anforderungen Huths,¹⁾ 25 Lux als minimale Helligkeit bezeichnet. In Zeichensälen möchte ich nicht erheblich unter 50 Lux gehen, bei besonders subtiler Arbeit etwas höher. Wesentlich höhere Anforderungen, wie sie schon gestellt worden sind, scheinen mir nur in außerordentlichen Fällen berechtigt zu sein.

Zu unseren früheren Beobachtungen²⁾ sei bemerkt, daß die dort aufgeführten Platzhelligkeiten durch Umkehrung des Lichtbogens später bedeutend erhöht wurden!

Ich möchte auch bei dieser Gelegenheit wieder betonen, daß die an die Helligkeit zu stellenden Anforderungen nicht nur von der Art, sondern auch von der Dauer der Arbeit bei künstlicher Beleuchtung abhängig sind. Wir werden später sehen, daß das Maß der zu fordernden Platzhelligkeit auch durch die Art der Beleuchtung des Raumes direkt oder indirekt beeinflußt werden kann.

Bei der hygienischen Beurteilung einer Lichtquelle ist auch ihr *G l a n z*, d. h. die von der Flächeneinheit ausgehende Lichtmenge von Bedeutung. Ist diese sehr groß, so wird unser Auge geblendet. Die gleiche Lichtmenge, die uns in keiner Weise belästigt, wenn sie von einer großen Fläche ausgestrahlt wird, kann uns sehr unangenehm sein, wenn letztere klein ist.

Wir können gut den glühenden Strumpf einer gewöhnlichen aufrechten Auerlampe von zirka 60 Kerzen Helligkeit betrachten, während uns dies bei einer elektrischen Glühlampe von gleicher Leuchtkraft sehr unangenehm ist, indem der das Licht aus sendende Glühfaden eine sehr kleine Oberfläche besitzt. Schon vor langer Zeit ist auf die Nachbilder aufmerksam gemacht worden, welche nach dem Betrachten von elektrischen Kohlenfadenlampen in unserem Auge auftreten. Der Faden erscheint dann dunkel auf hellem Gesichtsfelde, entsprechend den vorher geblendeten, ermüdeten Netzhautstellen, welche noch einige Zeit auf das Licht im Raume nicht reagieren.

Diese Blendungserscheinungen sind bei den neuern oben erwähnten Glühlampen noch viel lästiger und zwar umsomehr,

¹⁾ *Erismann S.* Hygienische Beurteilung der künstlichen Beleuchtung. Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, XXXII. Heft 1.

²⁾ l. c. S. 327 u. 328.

je größer die von der Temperatur des Leuchtkörpers abhängige Lichtausbeute ist. Dieser strahlt nach Angaben Schröters¹⁾ bei der Einwattlampe rund 0,8, bei der Halbwattlampe schon 5 Hefnerkerzen pro mm² aus. Daß eine dauernde Einwirkung so stark blendender Beleuchtungskörper die Sehschärfe ungünstig beeinflussen muß, liegt auf der Hand. Es ist deshalb unbedingt notwendig, solche Lichtquellen durch Mattierung der Glasbirnen, oder durch Anwendung geeigneter Schirme, durchscheinender Glocken und dergleichen ihrer schädlichen Wirkung zu entkleiden.

In dieser Richtung geschieht viel zu wenig. Man trifft zuweilen sogar in niederen Wohn- und andern Räumen wenig über Augenhöhe angebrachte offene Glühlampen, sogar Halbwattlampen, deren hohe Leuchtkraft dann das Sehen erschwert, anstatt zu erleichtern.

Auch seitliche Blendung des Auges soll vermieden werden, denn durch diese entsteht eine Herabsetzung der zentralen Sehschärfe trotz genügender Beleuchtung und eine unangenehme subjektive Belästigung.²⁾

Diese ist, wie wir wissen, umso stärker, je kleiner der Winkel, den das einfallende Licht mit der Blickrichtung bildet. Sie kann bis zu Winkeln von 45 Grad erheblich sein. Durch dieses Moment wird in Schulen gelegentlich das Betrachten der Wandtafel oder an der Wand aufgehängter Zeichnungen sehr erschwert, für die in den hinteren Bänken Sitzenden, unter Umständen auch bei hoch angebrachten Glühkörpern, wenn dieselben nicht abgeblendet sind. Die wiederholt mit ganz gutem Erfolg versuchte Anbringung einer größeren Zahl unabgeblendeter Lampen direkt unter der Decke, die sogenannte Deckenbeleuchtung, dürfte in dieser Beziehung namentlich in Auditorien mit sehr stark ansteigenden Sitzreihen nicht immer einwandfrei sein.

Wohl aber wird eine Blendung vollständig vermieden bei der indirekten Beleuchtung, bei welcher die Lampen unten mit einem ganz undurchsichtigen Schirm versehen sind, so daß nur von der weißen Decke diffus reflektiertes Licht nach unten gelangt. Bei der halbindirekten wird sie durch Anwendung von durchscheinenden Schirmen mehr oder weniger gemildert.

¹⁾ Schröter F., Dr. Über das konzentrierte Licht neuerer Glühlampen. Elektrotechnische Zeitschrift. 1917. Heft 25.

²⁾ Reichenbach. 1. c.

Die Helligkeit von Arbeitsplätzen wird, wie allgemein bekannt, oft durch Schatten in lästiger Weise beeinflusst, welche von der schreibenden oder zeichnenden Hand herrühren können, wenn bei natürlicher oder künstlicher Beleuchtung das Licht von rechts einfällt, oder von Linealen, Winkeln etc., oder dann von dem über das Arbeitsfeld übergebeugten Oberkörper, wenn der Lichteinfall hauptsächlich von hinten geschieht. In nur wenig besetzten Räumen, wie z. B. in kleineren Bureaus, läßt sich dies leicht vermeiden. Es sind hiefür ganz zweckmäßige Lampen im Handel, die aber nur bei der, der richtigen Lage der Arbeitsplätze entsprechenden Anbringung Gutes leisten. In gewissen Fällen sind transportable Einzellampen am vorteilhaftesten, besonders wenn die Plätze nicht veränderlich an derselben Stelle bleiben.

Für Schulräume sind solche selbstverständlich nicht zu gebrauchen. Hier muß auf eine Mehrzahl von Schülern eine Lampe fallen, die in größerer Entfernung über denselben fest montiert ist. Die Gründe hiefür sind genügend bekannt. Es sei nur erwähnt, daß bei niederer Aufhängung einem Teil der Schüler der Ausblick auf die Wandtafel durch Leitungsschnüre, Aufhängevorrichtungen, Lampenschirme, bei Gasbeleuchtung durch Röhren, erschwert wird!

Außer den Schatten kann bei ganz direkter Beleuchtung auch die Spiegelung des Papiers lästig werden. Bei ganz indirekter kommen diese störenden Momente beide in Wegfall, bei halb indirekter werden sie gemildert.

Ich erlaube mir, dem Leser unseres Jahrbuches die meiner früheren Arbeit beigegebenen photographischen Abbildungen der Handschatten bei den verschiedenen Beleuchtungsarten ins Gedächtnis zurückzurufen.

Während man nun gewöhnlich die Schattenlosigkeit in Zeichensälen als vorteilhaft empfindet, ist von namhaften Beleuchtungsfachmännern des Auslandes gegen sie der Einwand gemacht worden, daß sie die Erkennung feiner Zirkelstiche erschwere. Es steht mir als Nichtzeichner kein Urteil darüber zu, ob dieser Nachteil in dem Maße bestehe, daß es sich rechtfertigt, deshalb die sonst so vorteilhafte Beleuchtungsart aufzugeben. Wohl aber möchte ich mir die Bemerkung erlauben, daß ich trotz Nachfrage bei in den seit vielen Jahren indirekt erhellten Zeichensälen unserer technischen Hochschule

beschäftigten Kollegen solche Klagen nicht vernommen habe. Über irgendeine ungünstige, ermüdende Wirkung auf das Sehorgan, von der früher anderwärts gelegentlich die Rede war, konnte ich nichts in Erfahrung bringen; ich frage mich, ob es sich in jenem Falle nicht um ungenügende Helligkeit gehandelt habe. Von einem Kollegen wird mir die schattenlose Beleuchtung geradezu als eine Wohltat für die Augen bezeichnet. Wenn von seiten der Studierenden gelegentlich Reklamationen einliefen, bezogen sie sich ausschließlich auf ungenügende Helligkeit einzelner Plätze.

Bei der Beurteilung der Lichtausbeute, resp. der Wirtschaftlichkeit einer Beleuchtung, macht man entschieden einen Fehler, wenn man auf die Schattenbildung keine Rücksicht nimmt. Würde man, was leider nur schwer möglich ist, die Platzhelligkeiten in Schulräumen während des Unterrichtsbetriebes bestimmen, also zu einer Zeit, da die Schulbänke oder Zeischensche durch die an ihnen beschäftigten und die benachbarten Schüler beschattet werden, erhielte man für die Praxis maßgebendere Vergleichswerte als bei den gewöhnlichen Messungen vollbeleuchteter Plätze.

Erismann¹⁾ hat schon vor langer Zeit nachgewiesen, daß der verdunkelnde Einfluß der Beschattung eines Platzes durch den Oberkörper und die schreibende Hand des an demselben beschäftigten Schülers in einem Raum mit direkter Beleuchtung bis zu dreimal so groß sein kann, als in einem indirekt erhellten.

Reibmayr²⁾ hatte Gelegenheit, die Schattenbildung bei gewöhnlicher direkter Beleuchtung durch zwei vierarmige Lüster mit derjenigen bei Hochlicht in ein und demselben Raume zu vergleichen, was gegenüber andern Untersuchungen, bei denen unter verschiedenen Bedingungen gewonnene Meßresultate zum Vergleich herangezogen wurden, von großem Vorteil war.

Er fand bei gleicher Beschattung durch eine Person in Schreibstellung einen mittleren Lichtverlust von 23,9 bei Lüsterbeleuchtung, gegenüber 9,8 bei Hochlicht, welches sich in dieser Beziehung ähnlich verhält wie das indirekte.

¹⁾ *Erismann F.* Die hygienische Beurteilung der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung. 24. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege zu Nürnberg. 1899.

²⁾ *Reibmayr H.* Beleuchtungsverhältnisse bei direktem Hochlicht. Archiv für Hygiene. 1906. S. 171.

Wir sehen somit, daß bei der Beurteilung verschiedener Beleuchtungsarten die verschiedene Schattenbildung von großem Belang ist, was namentlich beim Vergleich der direkten mit der indirekten Beleuchtung berücksichtigt werden sollte. Der Einfluß des mit der letzteren verbundenen erheblichen Lichtverlustes infolge Absorption an den Schirmen und der Decke auf die Lichtausbeute darf also nicht überschätzt werden. Er wird, wie sich Reichenbach¹⁾ äußert, zum größten Teil durch Aufhellung der Schatten wieder gut gemacht.

Wenn bei dieser Beleuchtungsart doch einmal störende Schatten auftreten, ist dies nach meiner Erfahrung gewöhnlich darauf zurückzuführen, daß die Aufhängung, resp. die Verteilung der Lampen, dem betreffenden Raume nicht angepaßt ist.

Aus diesen Erwägungen geht hervor, daß man die zu verlangende minimale Platzhelligkeit bei direkter Beleuchtung erst recht nur notgedrungen unter das oben erwähnte Maß reduzieren soll, wie es zum Beispiel Korff-Petersen²⁾ getan hat, der bei seinen Untersuchungen über die Lampenverteilung auf eine gewisse Menge elektrischer Energie angewiesen war.

Die Verteilung des Lichtes auf die verschiedenen Plätze soll in einem für den Unterricht bestimmten Raume eine gewisse Gleichmäßigkeit aufweisen. Bei gewöhnlichem direktem Licht wird diese umso größer sein, je mehr Lampen wir anwenden und je höher dieselben angebracht sind.

In dieser Beziehung ist das Hochlicht, das seinerzeit (1905) im Hygiene-Institut Innsbruck unter Verwendung von gewöhnlichen elektrischen Glühlampen eingerichtet und von Reibmayr³⁾ einer genauen Prüfung unterzogen wurde, von sehr günstiger Wirkung. Bei diesem kommt außer dem Hochstand der zahlreich verteilten Lichtquellen auch der Umstand in Betracht, daß ein Teil ihres Lichtes an die Decke gelangt und von dieser diffus nach unten geworfen wird. Wir haben es also hier mit einem Gemisch von direkter und indirekter Beleuchtung zu tun, bei dem aber der direkte Anteil der größere ist.

¹⁾ Reichenbach H. Beleuchtung. In Weyls Handbuch der Hygiene. 1913. Band 4. S. 117.

²⁾ Korff-Petersen. Untersuchungen über die Lichtverteilung in Klassenzimmern bei Verwendung von Metallfadenlampen. Zeitschrift für Hygiene. Band 78. 1914.

³⁾ Reibmayr. 1. c.

Dieses Hochlicht ist in neuerer Zeit von Bertelsmann¹⁾ unter Zuhilfenahme von Hängegaslicht ebenfalls mit Erfolg versucht worden.

Mit einer kleineren Anzahl stärkerer Lampen bringen wir dann eine sehr gute Lichtverteilung zustande, wenn wir indirekte Beleuchtung verwenden. Die größte Gleichmäßigkeit erhalten wir, wie zahlreiche von den verschiedensten Autoren gemachte Beobachtungen zeigen, bei der ganz indirekten.

Folgende Verhältniszahlen der beobachteten geringsten und größten Platzhelligkeit, in Meterkerzen ausgedrückt, mögen dem Leser einen Begriff geben über die Gleichmäßigkeit der verschiedenen Beleuchtungsarten.

Bei gewöhnlicher direkter Beleuchtung kann das Verhältnis je nach Zahl und Anordnung der Lampen ein sehr verschiedenes sein und nach Reichenbach²⁾ bis zu 1 : 7 betragen. Erismann beobachtete in Zürcher Schulklassen mit direktem elektrischem Glühlicht ein solches von 1 : 3,3. Bei indirektem Licht fand die Münchener Kommission³⁾ bei elektrischem Bogenlicht ein Verhältnis von 1 : 1,5 bis 1,66, bei Auerlicht von 1 : 1,45, bei halb indirektem Bogenlicht von 1 : 2,59 und 1 : 2,64, bei eben-solchem Gasglühlicht 1 : 1,46. Bei unseren früheren Untersuchungen⁴⁾ betrug das Verhältnis in zwei Zeichnungssälen mit sehr günstiger Aufhängung der indirekten Bogenlampen 1 : 1,35 und 1,38, in einem andern: 1 : 2,1, in einem Hörsaal 1 : 2. Eine ungünstige Verteilung ergab sich in einem weiteren Zeichnensaal infolge irrationeller Lampenaufhängung.

Mit Halbwattlampen erhielt Korff-Petersen⁵⁾ zufriedenstellende Resultate bei halbindirekter Beleuchtung.

Dieser Autor untersuchte auch die Wirkung verschiedener Schirme in einem Schulzimmer mit direkter Beleuchtung, besonders solche aus Holophanglas, durch welche die Lichtverteilung etwas gebessert wurde.

¹⁾ Bertelsmann. Über die Beleuchtung von Schul- und Arbeitsräumen. Elektrotechnische Zeitschrift. 1917. S. 282.

²⁾ Reichenbach. Weyls Handbuch der Hygiene, Band 4. 1914. S. 117.

³⁾ Ergebnisse der Münchener Versuche über die indirekte Beleuchtung von Schul- und Hörsälen mit Gas- und elektrischem Bogenlicht. München 1904. Oldenburg, S. 19.

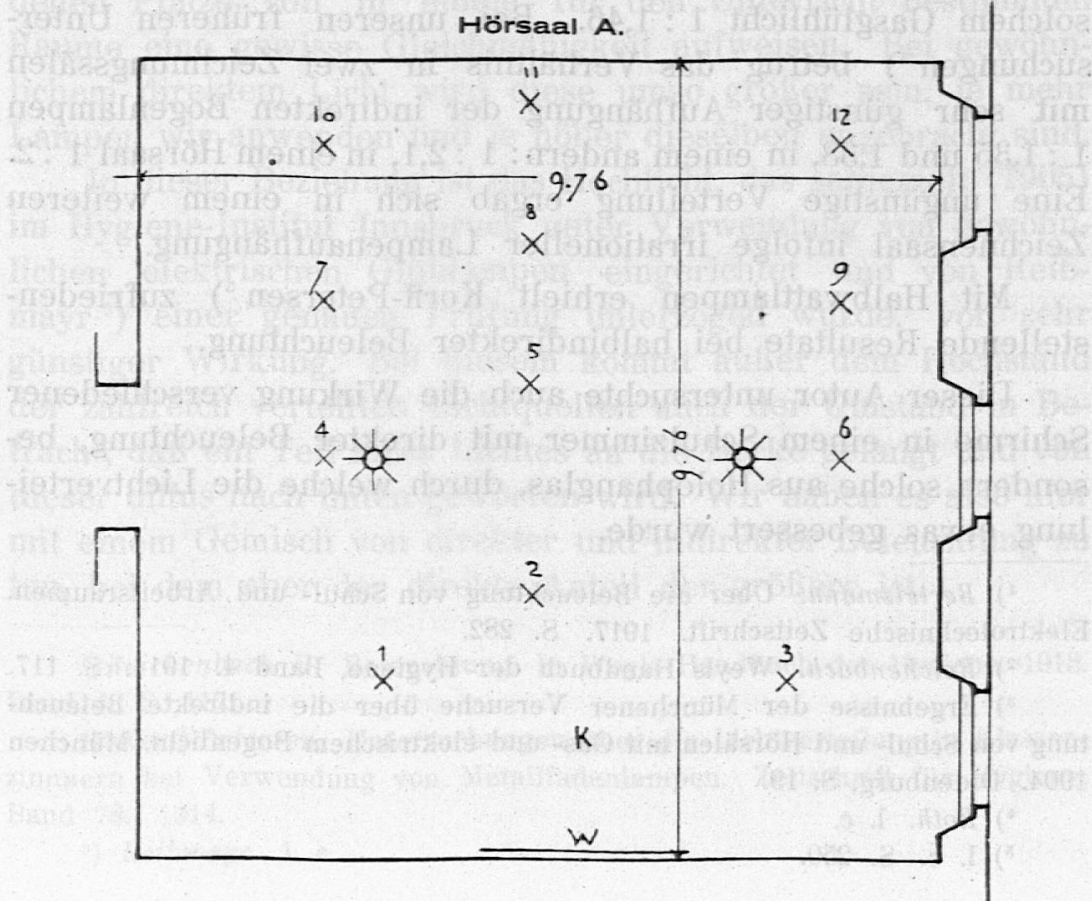
⁴⁾ Roth. l. c.

⁵⁾ l. c. S. 250.

Ich gehe nun zu meinen eigenen Untersuchungen über. Während ich in meiner früheren Abhandlung fast ausschließlich das mit Bogenlampen und mit Auerlampen erzeugte indirekte Licht berücksichtigte, sollen hier Beobachtungen Erwähnung finden, die ich mit, für den gleichen Zweck verwendeten elektrischen Glühlampen verschiedener Art zu machen Gelegenheit hatte anlässlich zahlreicher Untersuchungen, welche ich im Verlaufe der letzten 12 Jahre, teilweise aus Auftrag in verschiedenen Räumen unserer technischen Hochschule anstellte. Ich greife von diesen Untersuchungen einige heraus, von denen ich annehmen darf, daß sie von einem gewissen allgemeinen Interesse sind.

Dies dürfte zum Beispiel der Fall sein für den Vergleich der Wirkung verschiedener Beleuchtungskörper unter gleichen Umständen in ein und demselben Raume.

Hiezu standen mir zwei Hörsäle, in Folgendem mit A und B bezeichnet, zur Verfügung, in welchen abwechselnd an denselben Stellen verschiedene Lampen angebracht wurden. Die Decken beider Räume waren weiß getüncht.



Der Saal A, in welchem ich die ersten derartigen Untersuchungen anstellte, besaß eine Grundfläche von 95,3 m², eine Länge und Breite von je 9,76 m und eine Höhe von 4,8 m. Die Sitzreihen waren ansteigend.

Auf der Planskizze ist die Wandtafel mit W, das Katheder mit K bezeichnet, die Meßpunkte mit X. Die auf der Bankreihe I befindlichen tragen die Nummern 1, 2, 3, diejenigen der Reihe IV die Nummern 4, 5, 6, während die Meßpunkte 7, 8, 9 und 10, 11, 12 sich auf Reihe VI und Reihe VIII befinden. Die Höhe der Meßpunkte über Boden beträgt:

1, 2, 3,	0,77 m
4, 5, 6,	1,22 m
7, 8, 9,	1,52 m
10, 11, 12,	1,67 m

Die beiden Lampen, mit ☆ bezeichnet, sind, wie aus dem Plan hervorgeht, quer zur Achse des Saales in ungefähr gleichen Abständen von der Wand aufgehängt. Die Entfernung der Glühkörper von der Decke beträgt 1 m, der Vertikalabstand der Lampen von den Plätzen ist nach dem Gesagten auf den hinteren Bänken ein kleinerer als auf den vorderen.

Die verwendeten Lampen waren:

1. Die bekannten sogenannten Frauenloblampen mit unterem schalenartigen Milchglasschirm von besonderer Form. Der Boden desselben ist ziemlich flach und besitzt innen in der Mitte eine Vertiefung und dieser entsprechend einen äußeren Vorsprung. Die Seitenwände sind steil ansteigend, der obere Rand etwas eingezogen.

Besonders in der Umgebung der erwähnten Vertiefung ist das Glasmaterial oft nicht gleichmäßig dick, was gelegentlich die Lichtdurchlässigkeit stellenweise beeinflussen kann und somit auch die Erhellung gewisser Plätze.

Ein weiterer an der Decke befindlicher Schirm besteht aus weißemaltem Eisenblech und ist, da er das Licht nach unten zerstreuen soll, flach konisch.

Die Glühkörper sind je 3 Tantallampen zu 50 Kerzen, welche offenbar zum Zwecke der günstigeren Lichtemission nach unten und oben, in schiefer Stellung montiert sind.

2. Lampen mit Schirmen wie obige, aber mit nur einer Osramlampe von 400 Kerzen.

3. Lampen mit einem untern, ziemlich stark lichtdurchlässigen Milchglasschirm von annähernd halbkugeliger Form, ohne Schirm an der Decke und einer Osramlampe zu 400 Kerzen.

4. Lampen mit unterem undurchsichtigem Schirm aus emailliertem Eisenblech gleich denjenigen unserer ganz indirekten Bogenlampen, ohne Schirm an der Decke, mit je einer 400 kerzigen Osramlampe.

Der Stromverbrauch (Volt und Ampères) wurde jeweilen, wie auch bei unseren späteren Messungen, von Herrn Kollegen Farny bestimmt, dem ich auch an dieser Stelle hiefür meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Für die Lichtmessungen benutzten wir bei allen Untersuchungen wie früher das Webersche Photometer, welches uns auch diesmal vorzügliche Dienste leistete.¹⁾

Die Resultate der Messungen sind auf Tabelle I zusammengestellt. Die neben den Platzhelligkeiten des Katheders eingetragenen eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Helligkeit eines senkrecht in der Mitte desselben aufgestellten, gegen die Lampen gerichteten weißen Kartons.

Für jede Beleuchtungsart ist in der betreffenden Kolonne das aus den Platzhelligkeiten der Zuhörerplätze und des Katheders berechnete Maximum, Minimum und Mittel eingetragen, ferner das Verhältnis der Lichtmenge des dunkelsten und hellsten Platzes (Lichtverteilung) und endlich der Stromverbrauch in Watt ($\text{Volt} \times \text{Ampères}$) im ganzen und auf die Zahl der Meterkerzen der mittleren Platzhelligkeit berechnet. Letztere Zahl gibt uns einen gewissen Einblick in die Wirtschaftlichkeit der betreffenden Beleuchtung, aber nur für den bestimmten Fall.

Aus nebenstehenden Resultaten geht hervor, daß die Frauenloblampen mit zusammen 6 Tantallampen von im ganzen 300 Kerzen die Plätze der ersten bis zur sechsten Bank für das Schreiben und Lesen genügend beleuchteten, auch das Katheder, die Plätze der achten Bank waren dagegen viel zu dunkel. Ihre Lage war übrigens, wie aus dem Plan hervorgeht, sehr ungünstig. Ob diese Frauenloblampen mit Tantallampen noch irgendwo im Gebrauche sind, kann ich nicht sagen.

¹⁾ Die Messungen des letzten halben Jahres wurden unter meiner Kontrolle von unserem Assistenten, Herrn Mirer, die früheren von mir selbst ausgeführt.

Hörsaal A.

Tabelle I.

Bank- reihe	Platz- nummer	1 2 Frauenlob- lampen mit 3 Tantallampen zu 50 K.	2 2 Lampen mit untern u. obern Frauenlob- schirmen und 1 Osramlampe zu 400 K.	3 2 Lampen mit halbkugeligem unterm Milch- glasschirm und 1 Osramlampe zu 400 K.	4 2 ganz indirekte Lampen mit unterm Eisen- blechschirm und 1 Osramlampe zu 400 K.
I	1	25	46	48	38
	2	36	62	56	45
	3	24	43	46	36
IV	4	38	70	67	42
	5	36	67	68	47
	6	32	62	61	40
VI	7	26	52	57	38
	8	25	44	48	34
	9	24	47	48	29
VIII*	10	15	27	29	21
	11	13	23	28	21
	12	13	28	28	19
Kathedr		29 (17)	49 (33)	57 (42)	44 (24)
Maximum		38	70	68	47
Minimum		13	23	28	19
Mittel		25,8	47,6	49,3	34,9
Lichtverteilung . .		1 : 2,9	3,0	2,4	2,5
Stromverbrauch . .					
(Watt):					
a) zusammen . . .		612	946	995	969
Volt			124,1	126	125
Amp.			7,62	7,9	7,75
b) pro Meterkerze					
mittlere Platz- helligkeit . . .		23,7	19,8	20,1	27,8

In Verbindung mit Osramlampen können sie offenbar, wie sich aus Kolonne 2 ergibt, ganz Gutes leisten.

Eine weitere Versuchsreihe, bei der wir den oberen Schirm an der Decke wegließen, ergab keine schlechtere Resultate, mittlere Helligkeit 49 statt 48 Meterkerzen mit Deckenschirm, so daß nach unserem Dafürhalten die Beibehaltung desselben keine besonderen Vorteile bietet, wenigstens in den Fällen, in denen die Decke eine genügend weiße Farbe aufweist. Solche obere Schirme haben bei der Beleuchtung mit Gas viel mehr

Zweck, weil sie eine Berührung der Decke direkt über der Lampe verhindern (siehe auch meine frühere Abhandlung).¹⁾

Wenn man gelegentlich der Ansicht begegnet, solche Schirme könnten die weiße Decke vollständig ersetzen, so ist dies keineswegs richtig, indem die Deckenfarbe auch in größerem Umkreis von der Lampe von Einfluß ist.

Bei den halbindirekten Lampen 2 und 3 mit 400 kerzigen Glühlampen fanden wir an allen Plätzen eine genügende, an vielen sogar eine überreichliche Lichtfülle.

Die mittlere Helligkeit und der relative Stromverbrauch, auf die Meterkerze mittlerer Platzhelligkeit berechnet, verhalten sich bei beiden annähernd gleich. Die Platzhelligkeit auf dem Katheder war bei den Lampen mit halbkugeligem Milchglas-schirm die beste.

Die ganz indirekten Lampen (Kolonne 4) ergaben eine reichliche Beleuchtung, ausgenommen die Plätze 10, 11 und 12. Der Stromverbrauch war, wie bei der indirekten Beleuchtung immer, ein relativ höherer und verhielt sich auf die Meterkerze mittlerer Platzhelligkeit berechnet wie 28 zu 20 bei den halb-indirekten Lampen mit gleichen Glühkörpern. Die Schattenbildung war dagegen bei den letzteren eine viel bedeutendere.

Die Bestimmung der Helligkeit des senkrechten weißen Kartons auf dem Katheder, sollte uns einigermaßen über die Beleuchtung von dort aufgestellten Demonstrationsobjekten etc. orientieren. Es ist wiederholt, so auch von uns bei Gelegenheit der früheren Untersuchungen darauf hingewiesen worden, daß bei ganz indirekter Beleuchtung senkrechte Flächen, somit auch die Wandtafel, verhältnismäßig dunkel erscheinen. Deshalb interessierte es uns zu erfahren, wie sich in dieser Beziehung die halb indirekte Beleuchtung verhalte. Die größten Unterschiede zeigten sich, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, bei den ganz indirekten Lampen, wo die Helligkeit des wagrechten Kartons zu derjenigen des senkrechten sich verhielt wie 1,83 zu 1. Bei den halb indirekten Lampen der Kolonnen 2 und 3 unserer Tabelle finden wir ein Verhältnis von 1,35 und 1,48 : 1. Die Frauenloblampen mit Tantalglühkörpern ergaben eine verhältnismäßig weniger gute Erhellung der senkrechten Kartonoberfläche.

¹⁾ l. c.

Die Lichtverteilung war in diesen Versuchen bei den Lampen mit annähernd halbkugeligem Schirm die beste. Die Helligkeit des dunkelsten zu derjenigen des hellsten Platzes verhielt sich wie 1 : 2,4.

Wenn wir die abnorm ungünstig gelegenen Plätze 10, 11 und 12 nicht in Rechnung bringen und die letzten beiden Bänke als nicht besetzt annehmen, erhalten wir natürlich eine weit bessere Verteilung. Diese beträgt dann bei den

Frauenloblampen mit Tantallampen	1 : 1,6
Frauenloblampen mit Osramlampen	1 : 1,6
Lampen mit halbkugeligem Schirm und Osramlampe	1 : 1,4
Indirekten Lampen mit Osramlampen	1 : 1,6

Warum dieses Resultat bei der ganz indirekten Beleuchtung kein besseres war, ist schwer zu sagen. Eine Nachprüfung war wegen baulicher Veränderungen nicht möglich.

Neben diesem Hörsaal, der nebenbei erwähnt, heute nicht mehr existiert, stand mir in neuester Zeit ein anderer zur Verfügung, in welchem ich solche vergleichende Untersuchungen anstellen konnte. Die Größenverhältnisse dieses Raumes ergeben sich aus der Planskizze Hörsaal B. Seine Länge beträgt 10,85 m, die Breite 7,50 m, der Flächeninhalt des Bodens also 81,2 m².

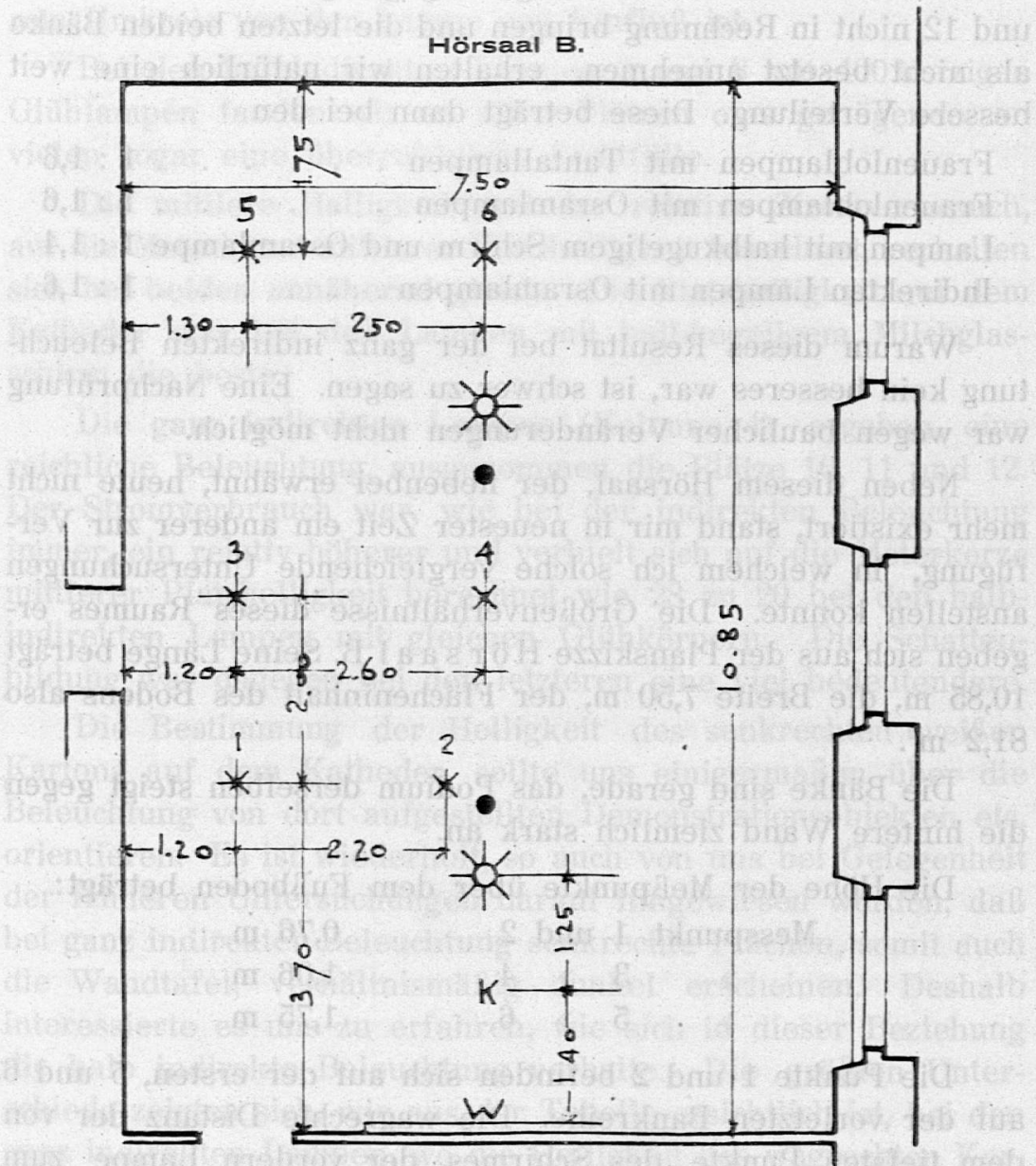
Die Bänke sind gerade, das Podium derselben steigt gegen die hintere Wand ziemlich stark an.

Die Höhe der Meßpunkte über dem Fußboden beträgt:

Messpunkt 1 und 2	0,76 m
» 3 » 4	1,06 m
» 5 » 6	1,75 m

Die Punkte 1 und 2 befinden sich auf der ersten, 5 und 6 auf der vorletzten Bankreihe. Die wagrechte Distanz der von dem tiefsten Punkte des Schirmes der vordern Lampe zum Boden gezogenen Senkrechten von der Mitte des Katheders beträgt 1,25 m, von der Wandtafel 2,65 m. Der Tisch des Katheders hat eine Höhe von 1,10 m über Boden. Die beiden Lampen sind, wie aus der Skizze ersichtlich ist, in der Axe des Saales, also quer zur Bankrichtung aufgehängt in einer Entfernung von zirka 90 cm zur Decke von der Mitte des Glühkörpers aus gemessen.

Sie sind mit unterem Schirm versehen, der für die indirekte Beleuchtung wiederum aus weißemaltem Eisenblech, für die halbindirekte aus Opalglas besteht. Die Glasschirme sind ziemlich flach konisch und besitzen einen schmalen, senkrechten Rand. Ihr Durchmesser beträgt 60, die Tiefe 19,5 cm.



Die verwendeten Glühlampen sind Osramlampen von 600 oder sogenannte Halbwattlampen von 1000 Kerzen.

Die Decke des Saales ist weiß getüncht, die Wände sind hell gestrichen.

Das weitere ergibt sich aus Tabelle II, auf welcher die Resultate unserer photometrischen Messungen zusammengestellt sind und einige Angaben über den Stromverbrauch.

Aus diesen Resultaten geht folgendes hervor: Die Beleuchtung mit den ganz indirekten Lampen ist für einen Hörsaal mehr als genügend, die Lichtverteilung ist sehr gleichmäßig. (1 : 1,62). Zum Stromverbrauch muß bemerkt werden, daß er bei diesen indirekten Lampen nicht gemessen wurde. Wir gehen wohl nicht stark fehl, wenn wir hier einen Verbrauch von 0,6 Watt pro Kerze in Rechnung setzen, also im ganzen 1200 Watt. Daraus würde sich ein Verbrauch von $1200/49 = 24,4$ Watt pro Meterkerze mittlerer Platzhelligkeit ergeben. Wir kommen hierauf zurück.

Hörsaal B.

Tabelle II.

Messpunkte	Ganz indirekte Lampen	Halbindirekte Lampen	
	2 Lampen mit je 1 Halbwattlampe von 1000 K.	2 Lampen mit je 1 Osramlampe von 600 K.	2 Lampen mit je 1 Halbwattlampe von 1000 K.
Platzhelligkeit in Meterkerzen			
1	40	38	74
2	51	55	104
3	46	40	85
4	58	46	117
5	37	33	101
6	53	62	179
Katheder	60	60	104
Wandtafel	30	25	55
Maximum	60	62	179
Minimum	37	33	74
Mittel	49	47,7	109,1
Lichtverteilung . .	1 : 1,6	1 : 1,9	1 : 2,4
Stromverbrauch (Watt)	1375	937	1375
Amp.	11	7,5	11
Volt	125	125	125
Stromverbrauch pro Meterkerze mittlere Platzhelligkeit . .	24,4	19,6	12,6

Die zwei halb indirekten Lampen mit je einer 600 kerzigen Osramlampe ergeben eine sehr gute Beleuchtung der Zuhörerplätze und des Katheders; diejenige der Wandtafel ist gerade noch genügend. Der relative Stromverbrauch ist hier 19,6 Watt.

Die in der dritten Kolonne verzeichneten, mit den zur halb indirekten Beleuchtung verwendeten 1000 kerzigen Halbwatt-

lampen erreichten Platzhelligkeiten sind, wie zu erwarten war, natürlich für die Praxis viel zu hoch. Die Blendung war sehr angenehm. Der Versuch mit denselben wurde auch nur zum Zwecke des Vergleichs angestellt mit den ganz indirekten Lampen mit gleichartigen Glühkörpern (Halbwattlampen annähernd gleicher Kerzenstärke). Hier muß allerdings erwähnt werden, daß die in die vordere Lampe eingesetzte Glühlampe schon längere Zeit im Gebrauch gestanden hatte, also wahrscheinlich auch etwas dunkler brannte als diejenige der hinteren, welche vorher noch nicht gebraucht worden war.

Damit steht wohl auch die unverhältnismäßig starke Erhellung des Platzes Nr. 6 in einigem Zusammenhang. Viel mehr aber rührt diese von der erhöhten Lage dieser Meßstelle her, gegenüber den weiter vorn gelegenen, beziehungsweise von der kleineren vertikalen Entfernung von der Lampe, welche, wie wir aus den Resultaten in Kolonne I ersehen und von früheren auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen wissen, bei der ganz indirekten Beleuchtung eine sehr viel geringere Rolle spielt.

Dieser Einfluß der Lampennähe muß bei der halb indirekten Beleuchtung natürlich umso größer sein, je mehr Licht direkt nach den Arbeitsplätzen gelangt. Er wird also auch von der Durchlässigkeit des Schirms und der Lichtemission der verwendeten Lampen abhängig sein. Bekanntlich gibt die Halbwattlampe bei der gewöhnlichen senkrechten Aufhängung neben dem hier nicht in Betracht kommenden Gasinvertbrenner am meisten Licht nach unten ab, am wenigsten der aufrechte Auerbrenner. Daraus dürfte es sich erklären, daß bei den Versuchen von Kermauner und Prausnitz,¹⁾ mit halbindirekter Gasbeleuchtung, bei welchen gewöhnliche Auerlampen mit Milchglaschirmen verwendet wurden, die Zimmerhöhe, beziehungsweise der Abstand der Lampen von den darunter liegenden Plätzen von viel kleinerem Einfluß war als bei unseren Messungen.

Daß unter sonst gleichen Verhältnissen die Verteilung des Lichtes in Hörsälen mit weniger stark ansteigendem Podium, oder in einem ebenen Zeichensaal eine gleichmäßigere sein müßte, liegt auf der Hand.

¹⁾ *Kermauner und Prausnitz*. Untersuchungen über die indirekte Beleuchtung von Schulzimmern etc. mit Auerschem Gasglühlicht. Archiv für Hygiene. Bd. XXIX.

In einem solchen Falle würde dann auch die mittlere Helligkeit eine geringere und der auf dieselbe bezogene Stromverbrauch entsprechend höher sein, so daß die ganz indirekte Beleuchtung in einem Zeichensaal beim Vergleich mit der halb indirekten besser wegkäme, als wie in unserem Hörsaal B.

Bis zu welchem Grade die beobachtete verschiedene Lichtverteilung bei den Osramlampen (1:1,9) und den Halbwattlampen (1:2,4) von der Verschiedenheit ihrer Lichtemission herrührt, müßte durch spezielle Versuche festgestellt werden.

Was die Schattenbildung betrifft, war sie auch in diesem Falle wieder bei der ganz indirekten Beleuchtung viel schwächer als bei halb indirekter.

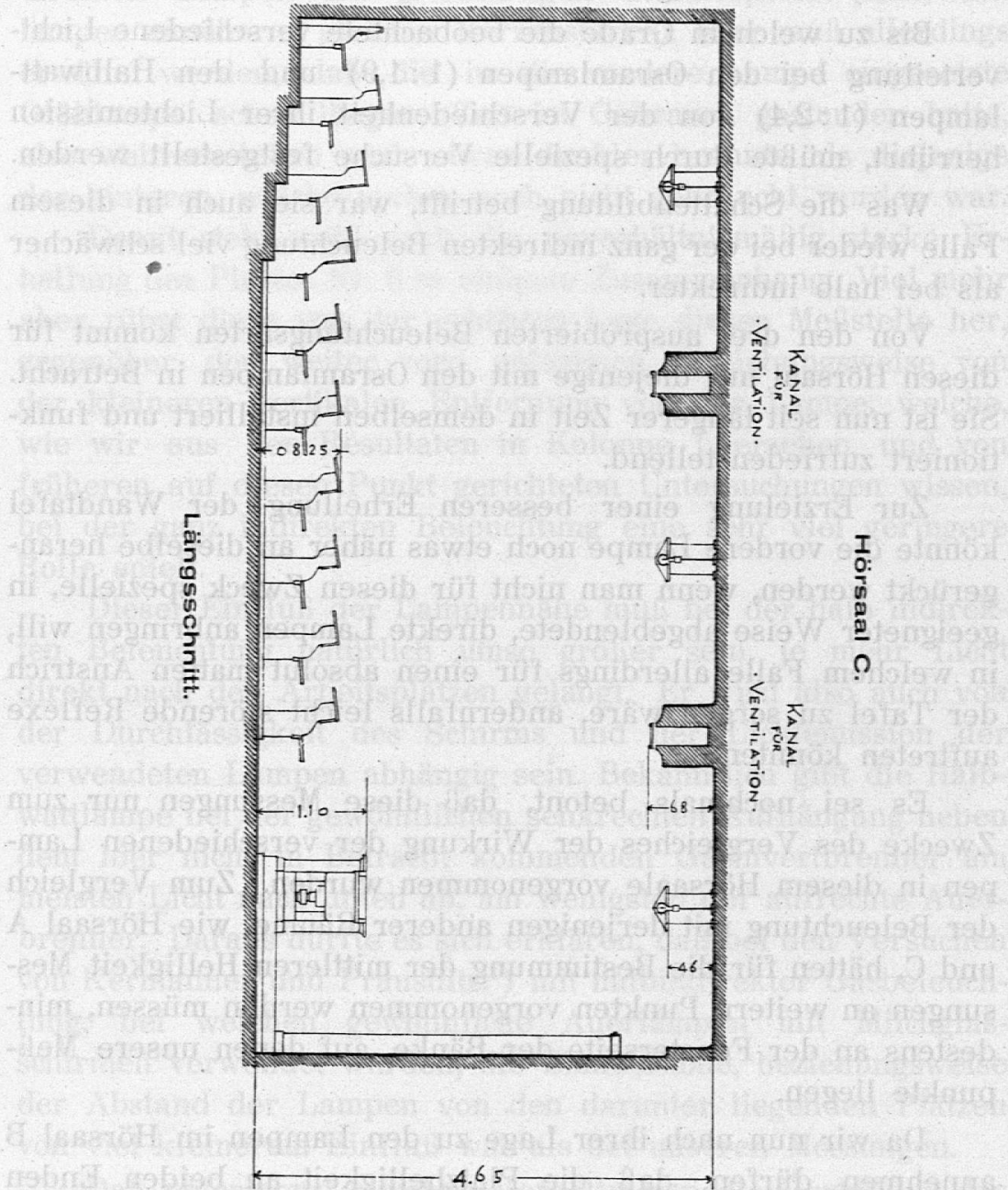
Von den drei ausprobierten Beleuchtungsarten kommt für diesen Hörsaal nur diejenige mit den Osramlampen in Betracht. Sie ist nun seit längerer Zeit in demselben installiert und funktioniert zufriedenstellend.

Zur Erzielung einer besseren Erhellung der Wandtafel könnte die vordere Lampe noch etwas näher an dieselbe herangerückt werden, wenn man nicht für diesen Zweck spezielle, in geeigneter Weise abgeblendete, direkte Lampen anbringen will, in welchem Falle allerdings für einen absolut matten Anstrich der Tafel zu sorgen wäre, andernfalls leicht störende Reflexe auftreten könnten.

Es sei nochmals betont, daß diese Messungen nur zum Zwecke des Vergleiches der Wirkung der verschiedenen Lampen in diesem Hörsaale vorgenommen wurden. Zum Vergleich der Beleuchtung mit derjenigen anderer Räume, wie Hörsaal A und C, hätten für die Bestimmung der mittleren Helligkeit Messungen an weitem Punkten vorgenommen werden müssen, mindestens an der Fensterseite der Bänke, auf denen unsere Meßpunkte liegen.

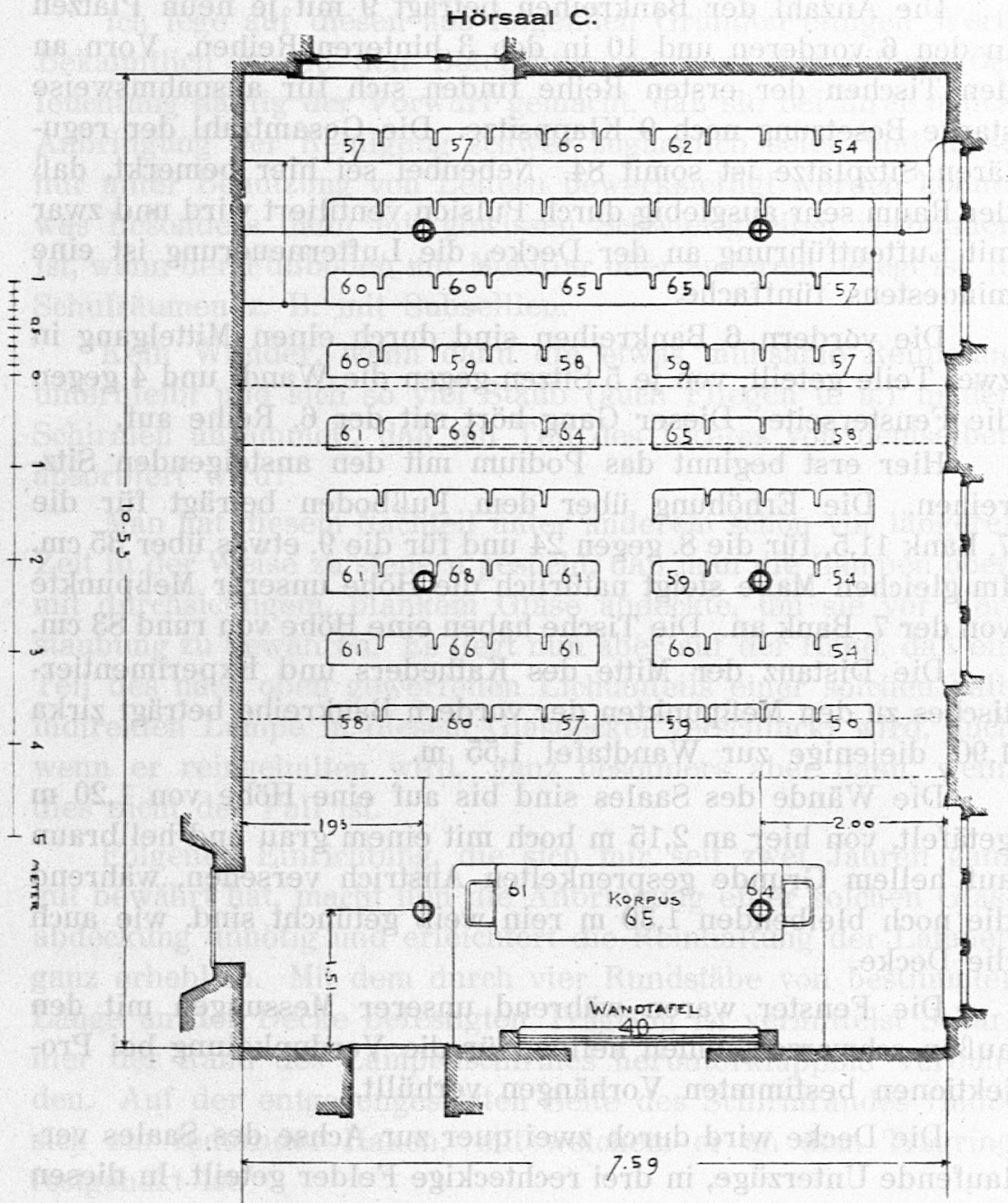
Da wir nun nach ihrer Lage zu den Lampen im Hörsaal B annehmen dürfen, daß die Platzhelligkeit an beiden Enden einer Bank annähernd dieselbe sei, können wir die wirkliche mittlere Helligkeit nachträglich in der Weise taxieren, daß wir die am Wandende der Bänke gefundenen Werte zweimal in Rechnung bringen. Wir erhalten so Zahlen, die uns wenigstens als Anhaltspunkte für den Vergleich der Lichtausbeute in den verschiedenen Räumen dienen können.

Bei den Osramlampen, welche nun schon längere Zeit der Beleuchtung dieses Raumes dienen, betrüge die so berechnete mittlere Platzhelligkeit 44,5 Meterkerzen und der auf dieselbe berechnete Stromverbrauch 21,0 Watt.



Die Schattenbildung kommt bei dieser Beleuchtung, wie aus der Anordnung der Lampen leicht erklärlich ist, auf der für den Beschauer der Tafel links von der Achse des Saales gegen die Fensterwand gelegenen Plätzen deutlich zur Geltung, und zwar umsomehr, je näher sie dieser Wand sind. An den

Eckplätzen sind die Handschatten beim Schreiben ziemlich stark störend, wie dies immer beim einseitigen Lichteinfall von rechts der Fall ist. Klagen über diese Schatten sind allerdings meines Wissens von Seite der Zuhörer trotzdem nicht eingegangen.



Halbindirekte Beleuchtung mit anderer Lampenordnung.

Besonderes Interesse bietet für uns die halbindirekte Beleuchtung des Hörsaals C unseres Hygieneinstitutes der Eidg. Technischen Hochschule, in welchem die Lampenordnung ganz anders ist als in den vorerwähnten Räumen.

Die Planskizze (Hörsaal C) gibt uns über die speziellen Verhältnisse dieses Saales Auskunft.

Die Länge beträgt 10,50 m, die Breite 7,59 m, der Inhalt der Bodenfläche somit 79,7 m² und die Höhe 4,65 m.

Die Anzahl der Bankreihen beträgt 9 mit je neun Plätzen in den 6 vorderen und 10 in den 3 hinteren Reihen. Vorn an den Tischen der ersten Reihe finden sich für ausnahmsweise starke Besetzung noch 9 Klappsitze. Die Gesamtzahl der regulären Sitzplätze ist somit 84. Nebenbei sei hier bemerkt, daß der Raum sehr ausgiebig durch Pulsion ventiliert wird und zwar mit Luftentführung an der Decke, die Lüfterneuerung ist eine mindestens fünffache.

Die vordern 6 Bankreihen sind durch einen Mittelgang in zwei Teile geteilt, von je 5 Sitzen gegen die Wand- und 4 gegen die Fensterseite. Dieser Gang hört mit der 6. Reihe auf.

Hier erst beginnt das Podium mit den ansteigenden Sitzreihen. Die Erhöhung über dem Fußboden beträgt für die 7. Bank 11,5, für die 8. gegen 24 und für die 9. etwas über 35 cm. Im gleichen Maße steigt natürlich die Höhe unserer Meßpunkte von der 7. Bank an. Die Tische haben eine Höhe von rund 83 cm.

Die Distanz der Mitte des Katheders und Experimentiertisches zu den Meßpunkten der vordern Bankreihe beträgt zirka 1,90, diejenige zur Wandtafel 1,55 m.

Die Wände des Saales sind bis auf eine Höhe von 1,20 m getäfelt, von hier an 2,15 m hoch mit einem grau und hellbraun auf hellem Grunde gesprenkelten Anstrich versehen, während die noch bleibenden 1,30 m rein weiß getüncht sind, wie auch die Decke.

Die Fenster waren während unserer Messungen mit den außen schwarzen, innen hellen, für die Verdunkelung bei Projektionen bestimmten Vorhängen verhüllt.

Die Decke wird durch zwei quer zur Achse des Saales verlaufende Unterzüge, in drei rechteckige Felder geteilt. In diesen Unterzügen liegen die Kanäle für die Luftzuführung mit ihren seitlichen, schlitzförmigen Öffnungen, welche auf der beigegebenen photographischen Darstellung der Lichtverteilung an der Decke noch etwas sichtbar sind. (S. Seite 304).

In jedem dieser Felder befinden sich zwei Lampen, deren Anordnung aus der Planskizze (S. 299) ersichtlich ist.

Ihre Konstruktion ist insofern von der gewöhnlichen abweichend, als sie einen herabklappbaren Schirm besitzen, wie ich ihn schon vor längerer Zeit für indirekte Gaslampen empfohlen habe.

Ich lege auf diesen aus folgenden Gründen einigen Wert: Bekanntlich wurde den Beleuchtungskörpern für diffuse Beleuchtung häufig der Vorwurf gemacht, daß sie bei ihrer hohen Anbringung der Reinigung schwer zugänglich seien und diese nur unter Benutzung von Leitern bewerkstelligt werden könne, was besonders dann mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist, wenn der Fußboden mit Mobiliar oder anderem belegt ist, in Schulräumen z. B. mit Subsellien.

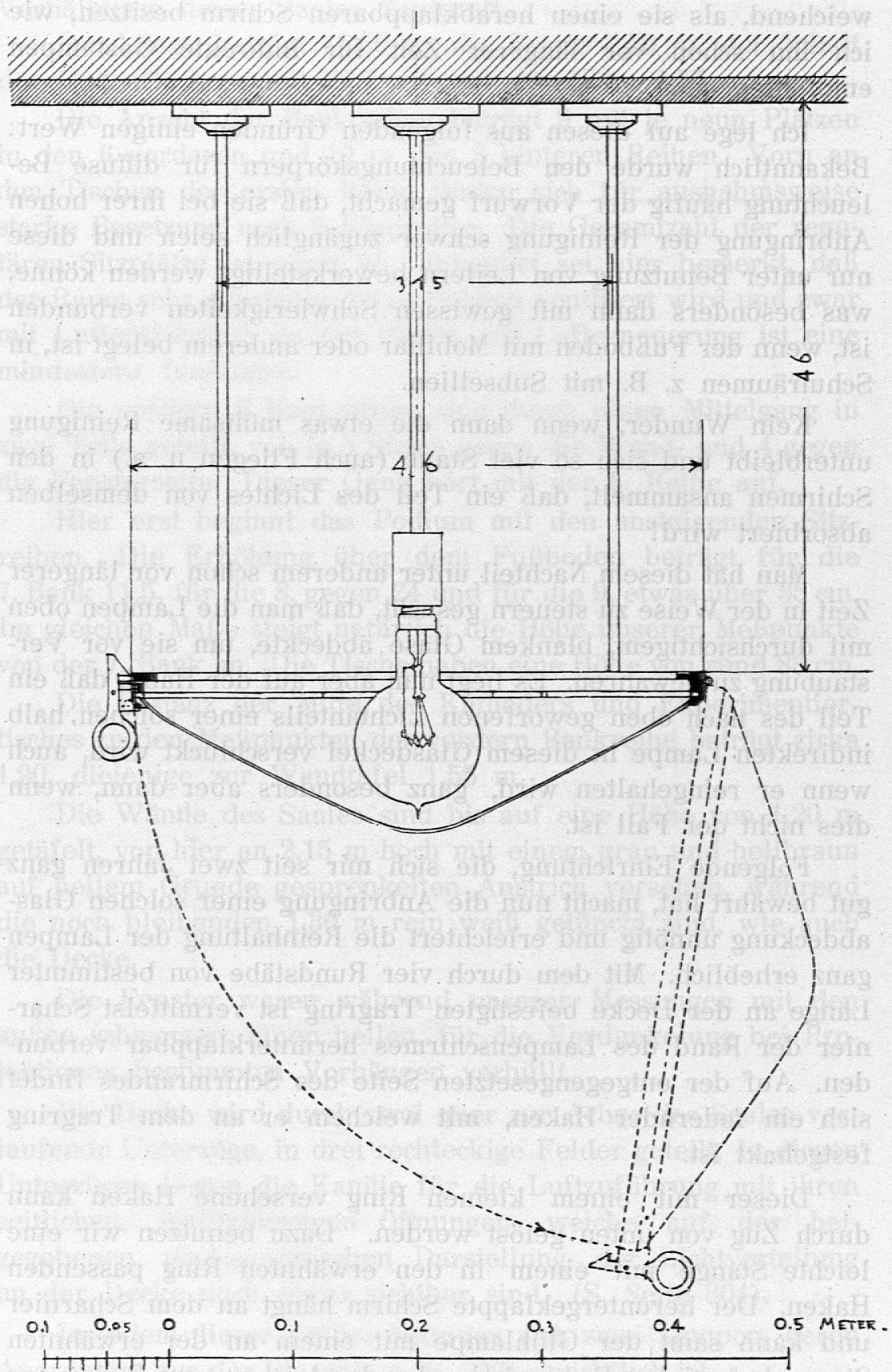
Kein Wunder, wenn dann die etwas mühsame Reinigung unterbleibt und sich so viel Staub (auch Fliegen u. a.) in den Schirmen ansammelt, daß ein Teil des Lichtes von demselben absorbiert wird!

Man hat diesem Nachteil unter anderem schon vor längerer Zeit in der Weise zu steuern gesucht, daß man die Lampen oben mit durchsichtigem, blankem Glase abdeckte, um sie vor Verstaubung zu bewahren. Es liegt nun aber auf der Hand, daß ein Teil des nach oben geworfenen Lichtanteils einer solchen halb indirekten Lampe in diesem Glasdeckel verschluckt wird, auch wenn er reingehalten wird, ganz besonders aber dann, wenn dies nicht der Fall ist.

Folgende Einrichtung, die sich mir seit zwei Jahren ganz gut bewährt hat, macht nun die Anbringung einer solchen Glasabdeckung unnötig und erleichtert die Reinhaltung der Lampen ganz erheblich. Mit dem durch vier Rundstäbe von bestimmter Länge an der Decke befestigten Tragring ist vermittelst Scharnier der Rand des Lampenschirmes herunterklappbar verbunden. Auf der entgegengesetzten Seite des Schirmrandes findet sich ein federnder Haken, mit welchem er an dem Tragring festgehakt ist.

Dieser mit einem kleinen Ring versehene Haken kann durch Zug von unten gelöst werden. Dazu benutzen wir eine leichte Stange mit einem in den erwähnten Ring passenden Haken. Der heruntergeklappte Schirm hängt an dem Scharnier und kann samt der Glühlampe mit einem an der erwähnten Stange befestigten Federwisch oder dergleichen vom Boden aus

Lampenskizze.



leicht gereinigt werden, worauf er mittelst der Stange wieder nach oben bewegt und festgehakt wird. (Abbildung s. Seite 302).

Die Schirme unserer Lampen bestehen aus ziemlich stark lichtdurchlässigem Mattglas. Sie besitzen einen Durchmesser von 46 cm und eine Tiefe von 13 cm, sind also eher flach zu nennen.

Die Glühlampen, deren jede Lampe eine besitzt, sind Halbwattlampen von 200 Kerzen. Ihre aus der Lampenskizze ersichtliche Distanz von Decke und Schirm ist so gewählt, daß eine Blendung durch unbedeckte Glühdrähte an allen Stellen des Raumes, auch für den erhöht stehenden Vortragenden ausgeschlossen ist und die Begrenzungskreise der nach der Decke geworfenen Lichtkegel sich gegenseitig berühren und annähernd bis zur Wand, resp. bis zu den Unterzügen reichen, ohne dieselben noch in größerem Umfange zu erhellen, was die Wirkung des diffusen Lichtes auf die Beleuchtung der Plätze ungünstig beeinflussen könnte.

Auf der photographischen Abbildung (Seite 304) ist die Erhellung des hintersten Deckenfeldes zur Anschauung gebracht. Der Schirm der linken Lampe des mittleren Deckenfeldes ist heruntergeklappt.

Die Verteilung unserer Meßpunkte, 39 an der Zahl, ist aus dem Plänchen, Seite 299, ersichtlich. 35 solche befinden sich auf den Tischen der Zuhörerplätze, 3 auf dem Experimentiertisch des Katheders (mit Korpus bezeichnet), einer auf der Wandtafel.

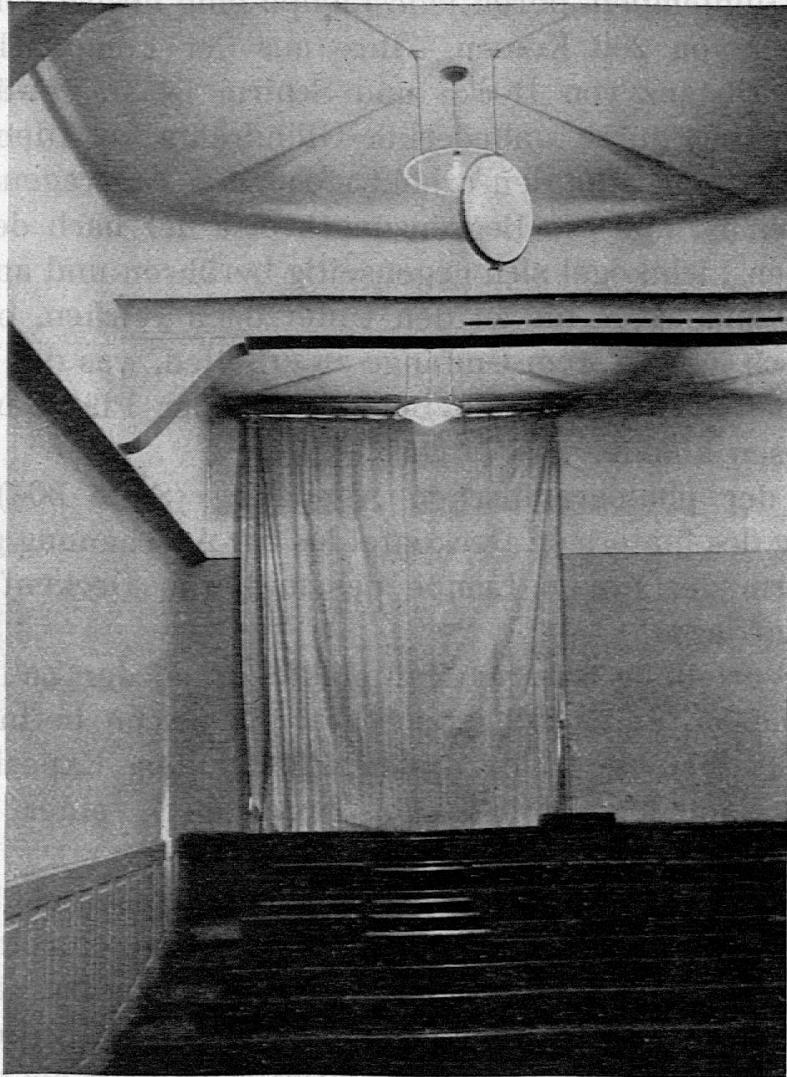
Die an den Meßpunkten gefundenen Platzhelligkeiten sind auf dem Plänchen an den betreffenden Stellen eingetragen.

Wir entnehmen denselben, daß die Beleuchtung sämtlicher Zuhörerplätze und des Kathedertisches außerordentlich reichlich, und auch diejenige der Wandtafel Fläche mehr als genügend ist. (40 Meterkerzen).

Ein spezieller Versuch mit einem auf der Mitte des Katheders mit der Meßfläche gegen das Auditorium gerichteten weißen Karton ergab für diesen eine Helligkeit von 35 Meterkerzen.

Aus obigen Platzhelligkeiten berechnet sich (Katheders inbegriffen) ein Maximum von 68, ein Minimum von 50 und ein Mittel von 60 Meterkerzen. Die Helligkeit des dunkelsten Platzes zu dem des hellsten verhält sich wie 1:1,36.

Der Stromverbrauch betrug bei unsern Messungen für die beiden vordersten Lampen 230, für die mittleren 245, für die hinteren 254, zusammen rund 730 Watt, also für die einzelne 200kerzige Lampe durchschnittlich 122 Watt oder nominell $122 : 200 = 0,6$ Watt pro Kerze.



Aus diesen Ergebnissen berechnet sich ein Stromverbrauch von 12,1 Watt pro Meterkerze mittlerer Platzhelligkeit.

Eine weitere Reihe von Messungen wurde angestellt, um den Einfluß der Ausschaltung der beiden hintersten Lampen zum Zwecke der Verminderung des Stromverbrauches bei weniger stark besuchten Vorlesungen auf die vorderen Plätze kennen zu lernen. Dieser war in der dritten Bank noch nicht

spürbar, von der fünften an aber erheblich, doch betrug auch in der sechsten Bank an dem Eckplatz gegen das Fenster die Platzhelligkeit immer noch 28 Meterkerzen. Es war also auch diese reduzierte Beleuchtung für mehr als 50 Zuhörerplätze vollauf genügend.

Die Lichtverteilung ist, wie wir sehen, in diesem Saale sehr günstig (1:1,36), was wohl auf die vorteilhafte Verteilung der Lampen an der Decke zurückzuführen ist.

Die Stromkosten betragen bei unseren gegenwärtigen Zürcher Preisen von 60 Cts. pro Kilowattstunde zur Abendzeit nicht ganz 44, bei Ausschaltung der hinteren beiden Lampen gegen 30 Cts.

Wollten wir die Lichtausbeute in diesem Saale mit derjenigen im Hörsaal B vergleichen, so hätten wir namentlich auch die verschiedene Höhe der hintern Plätze in Anschlag zu bringen. Es würde der Hörsaal C eine verhältnismäßig noch bessere Lichtausbeute aufweisen.

Wenn im Hörsaal C das Podium ebenso stark ansteigend wäre, was uns aus andern Gründen unvorteilhaft erschiene, müßte das Helligkeitsmittel durch die intensivere Beleuchtung der hinteren, den Lampen näheren Bankreihen, in die Höhe gedrückt, mit andern Worten, der auf die mittlere Platzhelligkeit berechnete Stromverbrauch noch niedriger werden.

Würden wir anstatt der Halbwattlampen, wie es im Hörsaal B geschieht, Osramlampen verwenden, so wäre der Stromverbrauch nach dem früher erwähnten größer, der Betrieb aber nicht in dem gleichen Maß teurer, da die Osramlampen gewöhnlich eine erheblich längere Brenndauer besitzen.

Was nun die Schattenbildung in diesem Saale betrifft, so ist dieselbe allerdings an gewissen Plätzen deutlich wahrzunehmen, aber viel weniger störend als auf der Fensterseite von Hörsaal B, indem eben bei der doppelreihigen Anordnung der Lampen, die von der einen derselben gebildeten Handschatten, von den andern teilweise wieder aufgehellt werden.

Es ist möglich, daß die Schatten weiter verringert würden, wenn wir anstatt der Halbwattlampen, welche die Hauptmenge des Lichtes direkt nach unten senden, Osramlampen verwenden und anstatt der stark durchlässigen Mattglasschirme solche aus Milch- oder Opalglas, wodurch die Beleuchtung eine mehr

indirekte, aber allerdings auch weniger intensive würde. Ich habe derartige Versuche nicht mehr anstellen können. Die Beleuchtung dieses Hörsaales funktioniert übrigens zur Zufriedenheit Aller.

Sie zeigt uns jedenfalls, daß unsere anfänglichen Befürchtungen, es könnten die erwähnten Unterzüge der gleichmäßigen Verteilung des Lichtes hinderlich sein, unbegründet waren.

Um zu entscheiden, ob vielleicht der erwähnte gesprenkelte Anstrich eines Teiles der Wand die Erhellung der nahe derselben gelegenen Plätze beeinträchtigt, machten wir schließlich noch einige Messungen in den beiden hintersten Bänken, nachdem wir die benachbarte hintere Wand mit einem großen weißen Tuch bespannt hatten, das bis zum obersten, ganz weiß gehaltenen Teil derselben reichte. Die Helligkeit der erwähnten Plätze ging höchstens um 1—2 Meterkerzen zurück. Ein solcher Anstrich ist also, wie wir schon früher konstatieren konnten, praktisch ohne Belang. Wir haben also keinen Grund, die Wände in ihrer ganzen Ausdehnung der künstlichen Beleuchtung wegen mit einem monotonen weißen Anstrich zu versehen.

Schließlich sei hier noch eine Einrichtung erwähnt, welche der partiellen Verdunkelung des Saales während der Projektionen dient. Diese hat den Zweck, den Plätzen noch gerade so viel Licht zuzuführen als nötig für einige Notizen und Skizzen, ohne daß dadurch die Helligkeit und Klarheit der an die Wand geworfenen Bilder in störendem Maße leidet.

Hiezu sind an der Tafelwand, von dem Vortragenden leicht erreichbar, zwei regulierbare Widerstandsspulen angebracht, welche in die Leitung der mittleren und hinteren Lampenpaare eingeschaltet sind. So kann die Lichtabgabe der Glühkörper beliebig vermindert werden. Die vordersten, in der Nähe der Wandtafel, beziehungsweise des an derselben wegnehmbar angebrachten Projektionsschirmes befindlichen beiden Lampen werden jeweilen während der Projektion ganz ausgelöscht.

Als Lichtquelle für diese benutzte ich schon im Jahre 1915 die Osram-Azo-Projektionslampe, die wie die seitdem auch von andern Fabriken erzeugten derartigen Produkte den gewöhnlichen Halbwattlampen gegenüber den Unterschied zeigen, daß die Glühdrähte ganz eng zusammengedrängt sind. Das Licht geht

somit von einer sehr kleinen Fläche aus, wodurch die Helligkeit des Bildfeldes sehr groß wird. Meines Wissens haben diese Lampen heute allgemein Eingang gefunden, nachdem sie ihre Kinderkrankheiten überstanden. Jedenfalls haben sie die Wechselstrombogenlampen auch für diesen Zweck fast ganz verdrängt, während die hiezu konstruierten Gleichstrombogenlampen auch heute noch große Vorteile zeigen, soweit Mikroprojektion oder episkopische Projektion in Betracht kommen. Letztere ist, wenn starke Vergrößerung verlangt werden muß, vorderhand nur mit Bogenlampen großer Lichtstärke möglich. Auch für Lumière-Farbendiapositive dürften, sofern letztere sehr dicht sind, die Halbwattlampen noch nicht vollauf genügen, namentlich bei starker Vergrößerung.

Vergleichende Untersuchungen verschiedener Lampenmodelle in verschiedenen ähnlichen Hörsälen.

Bei weiteren Untersuchungen hatte ich Gelegenheit, eine ganze Reihe der zahlreichen, in neuerer Zeit auf den Markt gebrachten Lampenmodelle für halb indirekte Beleuchtung zu prüfen.

Die Beleuchtungskörper waren in einer größeren Zahl von Hörsälen eines Neubaus unserer Eidgenössischen Technischen Hochschule zur Probe aufgehängt und zwar stets zu Vieren im Verband eines Rechteckes, dessen kürzere Seiten der Wandtafel parallel verliefen. Letztere maßen 3—3,60, die Längsseiten 4—4,20 m. Alle Lampen waren mit 200 kerzigen Halbwattlampen ausgerüstet.

Ihre mit der Konkavität nach oben gekehrten untern Schirme waren alle halb durchsichtig. Sie bestanden, wie diejenigen, welche wir schon kennen lernten, aus Milch-, Opal- oder Mattglas.

Die Gestalt der Schirme war verschieden, bald kugelschalenförmig, bald mehr oder weniger flachkonisch.

Einige der Modelle besaßen die Glasbedeckung gegen Verstaubung, von der schon die Rede war. Verschiedene waren zum Zwecke der besseren Zerstreung des an die Decke geworfenen Lichtes mit dem früher erwähnten Deckenschirm versehen, welcher aus emailliertem oder mattweiß gestrichenem Eisenblech, gelegentlich aber aus Aluminium mit matter Oberfläche bestand.

In zwei Sälen fanden sich sogenannte Diffuslampen, welche eigentlich nicht mehr zu den halb indirekten gehören, indem sie nur ganz wenig Licht an die Decke senden.

Ihre Umhüllung besteht nach der Seite und oben aus Milchglas, nach unten aber aus, zum Zwecke der Zerstreuung des Lichtes in besonderer Weise geschliffenem Mattglas.

Die photometrischen Messungen wurden in allen Räumen an in bezug auf ihre Lage zu den Lampen identischen Punkten vorgenommen.

Wir verzichteten darauf, alle Meßresultate aufzuzählen und beschränken uns auf die Bemerkung, daß sie in allen Fällen sowohl in bezug auf Intensität an den einzelnen Stellen, als Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung recht günstig waren. Die höchsten Platzhelligkeiten fanden wir, wie zu erwarten war, bei den Diffuslampen.

Am meisten interessierte uns die Schattenbildung und Blendung bei den verschiedenen Schirmen.

Um erstere in möglichst objektiver Weise zu vergleichen, wurden die Schatten eines mit der Federspitze auf einem mit weißem Papier bespannten Brettchen senkrecht fixierten Federhalter photographisch aufgenommen und zwar wiederum an identischen Stellen der verschiedenen Hörsäle.

Es zeigte sich, wie vorauszusehen war, daß die Schatten bei den Milchglasschirmen schwächer waren als bei denjenigen aus Mattglas, welche eben mehr direktes Licht nach unten gelangen lassen.

Am stärksten war die Schattenbildung bei den Diffuslampen, die als direkte Lampen mit verbesserter Lichtverteilung aufzufassen sind. Ich möchte übrigens betonen, daß auch diese beim Schreiben keine allzu stark störende Handschatten erzeugen, sofern sie in geeigneter Weise zu mehreren in einem Raume angebracht sind.

Eine unangenehme Blendung beobachtete ich bei Milchglasschirmen nicht, wohl aber bei solchen aus Mattglas. Sie äußerte sich, wenn nicht direkt, so doch in der Weise, daß Zeichnungen und Schriftzeichen an der Wandtafel nicht so deutlich unterschieden werden konnten. Kaum störend war dies bei den erwähnten, flach konischen Mattglasschirmen trotz ihrer verhältnismäßig schwachen Mattierung. Die Blendung ist hier allerdings bei direkter Betrachtung der Lampe von unten etwas

löstig, was aber praktisch nicht von Belang ist. Bei weniger steiler Blickrichtung erscheint das vom Glühkörper ausgestrahlte Licht auf eine größere Fläche des Schirmes verteilt, wodurch der Glanz verringert wird.

Es soll hier speziell betont werden, daß diese mit den verschiedenen Schirmen gemachten Beobachtungen sich auf Hörsäle beziehen, welche kein ansteigendes Podium, also keine erhöhten hinteren Plätze aufweisen und auf Halbwattlampen der erwähnten Lichtstärke. Stärkere Glühkörper oder solche mit anderer Lichtemission hätten vielleicht, besonders in bezug auf Blendung, mit den gleichen Schirmen andere, weniger gute Resultate ergeben.

Leider hatte ich keine Gelegenheit, das Hochlicht in meine Untersuchungen einzubeziehen. Es wäre sehr interessant zu erfahren, wie sich die neuen elektrischen Glühlampen, speziell die Halbwattlampen, für dasselbe eignen. Allerdings ist zu befürchten, daß im jetzigen Moment die Installation der vielen Einzellampen wegen der hohen Arbeitslöhne teuer zu stehen käme.

Was die Verwendung von Leuchtgas zur indirekten Beleuchtung betrifft, so bin ich derselben früher wiederholt begegnet, in neuerer Zeit aber nicht mehr. Wir möchten dies in Anbetracht der bekannten hygienischen Vorzüge des elektrischen Lichtes nicht bedauern. Auch die Erhaltung der weißen Deckenfarbe, welche wir als Grundbedingung für die indirekte Erhellung bezeichnen müssen, ist beim Leuchtgas viel schwieriger. Zwar können wir durch die erwähnten emaillierten Schirme einer Verrußung der Decke bis zu einem gewissen Grade steuern, in der Umgebung derselben tritt sie aber trotzdem auf. Waschbare Ölanstriche der Decke sind, wie wir in unserer früheren Arbeit erwähnten, nicht anwendbar.

Dieselben Gründe dürften der Einbürgerung des Hochlichtes mit Leuchtgas hindernd in den Weg treten, bei dem auch die Abführung der Verbrennungsgase durch Deckenkanäle, wie sie vorgeschlagen wurde, nicht so einfach wäre.

So macht denn auch für diese Zwecke die Elektrizität dem Leuchtgas den Rang streitig, dessen Schwerpunkt immer mehr auf das Gebiet der Wärmeerzeugung gedrängt wird, auf welchem es ja heute noch große Vorzüge hat.

Der Vollständigkeit halber sei hier auch das in bezug auf Gleichmäßigkeit der Verteilung, Schattenlosigkeit, Fehlen jeder Blendung dem ganz indirekten Licht vollständig ebenbürtige Moorelicht erwähnt!

Es wird erzeugt durch elektrische Entladungen in stark verdünnten Gasen, welche in sehr langen Glasröhren eingeschlossen sind, die in der Nähe der Decke des zu erleuchtenden Raumes in Windungen herumgeführt werden. Ein jeder erinnert sich wohl noch an solche Anlagen in großen Verkaufslokalen der Stadt Zürich. Auch in Fabriken wurde es mit Erfolg angewendet.

Ich hatte Gelegenheit, in einem großen Etablissement photometrische Messungen bei diesem Lichte anzustellen und überzeugte mich von der guten Lichtausbeute und den großen Vorteilen gegenüber den vorher verwendeten Bogenlampen, namentlich in bezug auf die Ruhe des im ganzen Lokale gleichmäßig verbreiteten schattenlosen Lichtes.

Man erhoffte dazumal viel von dieser Lichtart auch für die Erhellung von Schulen. Es sind wohl nur technische Gründe, vielleicht die an vielen Orten nicht zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte für auszuführende Reparaturen, welche daran schuld tragen, wenn diese Beleuchtungsart, wenigstens bei uns, an den meisten Orten wieder verschwunden ist.

* * *

Gestützt auf eine Reihe von zum Teil in dieser Arbeit erwähnten Untersuchungen und zahlreiche Beobachtungen komme ich betreffend den heutigen Stand der Schulbeleuchtungsfrage zu folgenden Schlüssen:

Für die Beleuchtung von Schulräumen findet das Leuchtgas immer weniger Anwendung.

An Stelle der früheren Kohlenfadenlampen treffen wir heute ausschließlich Wolframdrahtlampen (Wattlampen, Halbwattlampen), welche das Bogenlicht aus verschiedenen Gründen fast für alle Schulzwecke verdrängt haben.

Die Anforderung betreffend Helligkeit der Arbeitsplätze sind gegen früher gestiegen, die Ansprüche müssen verschiedenen sein, je nach Art der Arbeit und ihrer Dauer bei künstlichem Licht.

Die Blendung ist tunlichst zu vermeiden, sie kann bei offenen Glühlampen sehr lästig und schädlich werden. Diese sollen je nach dem speziellen Zweck mattiert oder mit Schirmen versehen sein.

Die Schattenbildung ist auf ein erträgliches Maß zu reduzieren. Vollständige Schattenlosigkeit ist für Zeichensäle von großem Vorteil. Diese kann bei richtiger Verteilung der Lampen durch die ganz indirekte Beleuchtung erreicht werden, welche sich ausgezeichnet bewährt hat. Auch für diese verwenden wir heute mit Vorteil Glühlampen.

Für ganz spezielle Arbeiten, z. B. Modellzeichnen, ist diese Beleuchtungsart des Fehlens der Schatten wegen nicht zu gebrauchen. Für den letzterwähnten Zweck sind spezielle Lampen im Gebrauch. Auch für die Betrachtung von Mineralien, besonders für das Erkennen des Reliefs von Gesteinsbrüchen, charakteristischen Winkeln von Kristallflächen, der Skulpturen von Schalen etc., sind Schatten nötig. Hiefür eignet sich die halb indirekte oder ganz direkte Beleuchtung weit besser.

An Stelle des indirekten Lichtes kann auch das Hochlicht verwendet werden, das aber meines Wissens bis jetzt keine weitere Verbreitung gefunden hat.

Wo eine Beschränkung der Schatten auf ein gewisses Maß genügt, wird die halb indirekte Beleuchtung gegenüber der ganz indirekten mit großem Vorteil angewendet, da bei ihr der Lichtverlust geringer ist, also auch der relative Stromverbrauch. Für diesen Zweck eignen sich die neueren Glühlampen vorzüglich.

Zur Erleichterung der Reinigung können an den halb indirekten Lampen spezielle Vorrichtungen angebracht werden.

Jede diffuse oder halb diffuse Beleuchtung erfordert einen weißen Deckenanstrich, welcher bei der Verwendung der im Gegensatz zu den Gasbrennern nicht rußenden elektrischen Lampen, nicht so schwer zu erhalten ist, falls die Räume rein gehalten und auch Heizkörper und Heizröhren häufig von Staub befreit werden. Die Wände brauchen, wenigstens in den unteren Partien, nicht weiß gestrichen zu sein.

Senkrechte Flächen sind bei indirekter Beleuchtung weniger gut erhellt, so auch die Wandtafel, welche dann mit speziellen Lampen versehen werden kann, wobei allerdings ein

störender Glanz der Tafeloberfläche schwer zu vermeiden ist. Bei halb indirekter Beleuchtung, welche heute für Hörsäle in erster Linie in Betracht kommt, kann meist durch geeignete Anbringung der Lampen auch eine durchaus genügende Helligkeit der Tafel erreicht werden.

An Stelle der eigentlichen halbindirekten Lampen können auch die erwähnten Diffuslampen Verwendung finden, bei denen aber eine stärkere Schattenbildung in den Kauf genommen werden muss. Bei diesen ist in vermehrtem Maße auf richtige Verteilung der einzelnen Lampen an der Decke zu sehen. Die Modelle mit höherer Aufhängung verdienen den Vorzug, auch wegen der Beleuchtung der Wandtafel und der geringeren Blendung.

Die Stromkosten sind für die halbindirekte Beleuchtung keineswegs so hoch wie oft angenommen wird. Es wäre vom hygienischen Standpunkt aus sehr zu bedauern, wenn man für Schulzwecke aus Sparrücksichten wieder zu der gewöhnlichen, ganz direkten Beleuchtung früherer Zeiten zurückkehren wollte.

Natürlich sollen die Anforderungen an die künstliche Beleuchtung nicht zu hoch geschraubt werden, falls dieselbe nur vorübergehend, vielleicht zur Zeit der kurzen Tage je eine halbe Stunde des Morgens und des Abends, gebraucht wird.